

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-146056

(43)Date of publication of application : 06.06.1997

(51)Int.Cl. G02F 1/025
G02B 6/12
G02F 1/35
H01S 3/07

(21)Application number : 07-300873 (71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 20.11.1995 (72)Inventor : YAMADA MITSUSHI
KUNII TATSUO

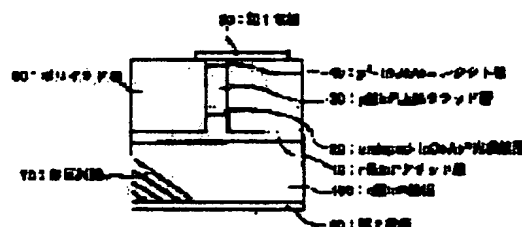
(54) OPTICAL FUSE AND OPTICAL ELEMENT PROTECTIVE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical fuse which suppresses the light input of a high intensity to an element behind an element of a light transmissible type by disabling the transmission of light in the case where the intensity of the incident light on this element exceeds a certain specified level.

SOLUTION: This optical fuse is composed of a semiconductor element having an optical waveguide structure. If there is light input of excessive magnitude, the constituting material of the undoped InGaAsP optical waveguide 20

burns to prohibit the light transmission of this optical waveguide. The burning part of the material constituting the optical waveguide is preferably the light incident end face part of the optical waveguide layer and further, the optical waveguide layer is provided with a first electrode 50 and second electrode 60 for impressing electric fields on the optical waveguide layer. The optical waveguide layer is formed out of such a material that increases the light adsorption coefft of the optical waveguide layer at the time of impressing the electric fields.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-146056

(43)公開日 平成9年(1997)6月6日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/025			G 0 2 F 1/025	
G 0 2 B 6/12			1/35	5 0 1
G 0 2 F 1/35	5 0 1		H 0 1 S 3/07	
H 0 1 S 3/07			G 0 2 B 6/12	Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-300873

(22)出願日 平成7年(1995)11月20日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 山田 光志

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72)発明者 国井 達夫

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

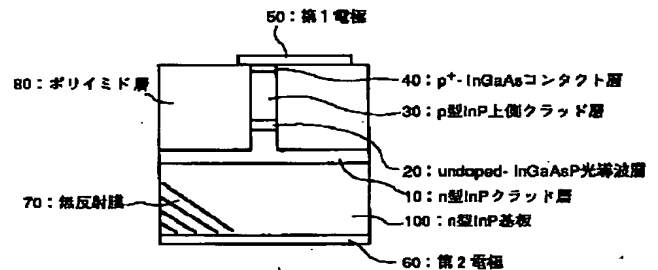
(74)代理人 弁理士 佐々木 宗治 (外3名)

(54)【発明の名称】 光フューズ及び光素子保護装置

(57)【要約】

【課題】 光透過型の素子に入射される光の強度がある一定レベルを越えた場合に、光の透過を不能となるようにして、その素子より後段の素子への高強度の光入力を抑制する光フューズを得る。

【解決手段】 光導波構造を有する半導体素子によって構成され、過度の大きさの光入力があるとアンドープの InGaAsP 光導波路 20 の構成材料が焼損し、この光導波路の光透過を阻止するものであり、光導波路を構成する材料の焼損部位は、光導波路層の光入射端面部分であることがよく、さらに光導波路層に電界を印加する第1電極 50 及び第2電極 60 を備えると共に、光導波路層は電界印加時の光導波路層の光吸収係数が増加するような材料によって形成されている。



本発明による光フューズの第1の実施形態を示す断面図

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波構造を有する半導体素子によって構成され、過度の大きさの光入力があると光導波路の構成材料が焼損し、前記光導波路の光透過を阻止することを特徴とする光フューズ。

【請求項 2】 前記光導波路を構成する材料の焼損部位は、前記光導波路層の光入射端面部分であることを特徴とする請求項 1 記載の光フューズ。

【請求項 3】 前記光導波路層に電界を印加する電極を有すると共に、前記光導波路層が前記電界印加時の前記光導波路層の光吸収係数が増加するような材料によって形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光フューズ。

【請求項 4】 前記電界の印加によって前記光入射端面部分の端面破壊パワーを制御することを特徴とする請求項 3 記載の光フューズ。

【請求項 5】 希土類遷移元素をドープした光ファイバであって、光サージから保護しようとする光素子の前段に設置され、入射する光に対する吸収係数が α [dB/m] であるような前記光ファイバの長さを $10/\alpha \sim 3/\alpha$ [m] の範囲に設定したことを特徴とする光フューズ及び光素子保護装置。

【請求項 6】 前記希土類遷移元素はエルビウムであることを特徴とする請求項 1 記載の光素子保護装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光フューズ又は光素子保護装置に関し、特に光透過型の素子において、その素子に入射される光の強度がある一定レベルを越えた場合に、光の透過量が減少するかあるいは透過を不能となるようにして、その素子より後段の素子への高強度の光入力を抑制する光フューズ及び光素子保護装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年の超高速光通信技術の進展は目覚ましいものがあり、その伝送可能距離は、光ファイバ中で

$$P_{out} = P_{in} + N (G_s - \text{loss} L) \quad [\text{dBm}] \quad (1)$$

但し、 P_{in} [dBm] は入力される光のピーク強度であ

$$G_s = \text{loss} L$$

となるように各パラメータが設定される。従って、 $P_{out} \sim P_{in}$ となるような設計をするのが普通である。なお、ここで、符号 \sim はニヤリーイコールという意味の符号である。例えば、一般的な値として、 $G_s = 20$ [dB]、 $\text{loss} = 0.2$ [dB/km]、 $L = 100$

$$G_e = G_s + \Delta G$$

そうすると、過渡的に出力される光サージのトータルのピーク強度 $P_{out, peak}$ [dBm] は、以下の式で表され

$$\begin{aligned} P_{out, peak} &= P_{in} + N (G_e - \text{loss} L) \\ &= P_{in} + N (G_s + \Delta G - \text{loss} L) \\ &= P_{in} + N \Delta G \quad [\text{dBm}] \end{aligned} \quad (4)$$

の光損失ではなく、信号光の波長チャープ（パルス内に発生する周波数の自己位相変調効果 [SPE] による時間変化）と光ファイバの波長分散の相互作用（群速度分散：GVD という）によって制限される所となっている。すなわち、上述の目覚ましい超高速光通信技術の進展は、1980年代後半に実現されたエルビウムをドープしたファイバ（以下、EDFと略称する）を用いた光増幅装置ともいわれているが、導入した光を直接増幅する装置（以下EDFA：エルビウム・ドープ・ファイバ・アンプリファイアと略称する）の出現による。そして、このEDFAを用いた1万km以上の長距離光伝送実験が検証されるようになってきた。

【0003】ところで、EDFAの出力光強度に対する利得をプロットすると、定常状態（すなわち誘導放出遷移の寿命よりも短い間隔で次々と光信号が入力される場合）では周知の利得飽和現象が見られる。すなわち、小さな強度を持つ光信号がEDFAに入力した場合には大きな利得が得られるが、大きな強度を持つ光信号がEDFAに入力した場合には小さな利得しか得られない、ということである。しかし、過渡状態、すなわち誘導放出遷移の寿命と同じくらいかそれよりも長い間隔で光信号が入力される場合には、EDFAの利得が回復して、大きな強度を持つ光信号がEDFAに入力した場合にも、大きな利得が得られることになり、この場合は瞬間的に極めて大きな光強度を持つサージ状のパルスが出力されるようになる。以下、このようなピーク強度が極めて大きな出力光を、光サージと呼称する。

【0004】このような現象は、特に複数のEDFAを伝送路中に用いた場合や、ループ状の伝送路中にEDFAを挿入した場合において顕著となる。例えば、定常状態で G_s [dB] の利得を持つ N 個のEDFAが N 本の光ファイバ（長さ L [km]、損失 loss [dB/km]）を介して連続された場合について、出力される光のトータルのピーク強度 P_{out} [dBm] は以下の

(1) 式で示される。

る。通常、 $G_s - \text{loss} L = 0$ 、すなわち

(2)

[km] を用いると、 $G_s - \text{loss} L = 20 - 0.2 \times 100 = 0$ [dB] となる。

【0005】しかし、過渡状態でのEDFAの利得 G_e は、定常状態での利得 G_s よりも大きい。この場合、 G_e と G_s の関係を次の (3) 式で表わす。

(3)

る。

例えば、 $G_e = 25$ [dB]、すなわち $\Delta G = 5$ [dB] とし、 $P_{in} = 0$ [dBm]、 $N = 10$ とすると、 $P_{out, peak} = 50$ [dBm] (= 100 [W: ワット]) にもなり、極めて大きなピーク強度を持つ光サージが出力されることになる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上述のように、従来から EDFA において過渡的に出力される光サージは、後段の各種光部品（例えば受信側の素子、特にフォトダイオードの受光面）等の次段の素子を破壊し、その結果光通信を不能にする原因となっていた。特に、例えば光ソリトンによる光通信においては、ソリトンのピーク強度が大きいので、後段の光部品等の破壊は極めて起こりやすいことが分かってきた。このため、前述のような超高速光通信技術の完成を阻害する不都合な光サージの発生を防止する技術の開発が要望されていた。光サージを抑制する方法としては、下記に示す a)、b) の2通りの方法が考えられ、実際に採用されている。

a) 一番目として、EDFAの接続を信号光の後段で行う。

b) 光損失用の自動制御可能なアッテネータを EDFA の前段に配置する。つまり、初めの光損失を大きくしておき、徐々にその損失を減らす調整をする。

しかし、それらは下記 1)、2) に示すような問題があった。

1) 電氣的に制御する必要がある。

2) 不測の事態等に対して対応できない。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る光フューズは、光導波構造を有する半導体素子によって構成され、過度の大きさの光入力があると光導波路の構成材料が焼損し、前記光導波路の光透過を阻止するものであり、光導波路を構成する材料の焼損部位は、光導波路層の光入射端面部分であることが好ましい。この場合、光導波路層に電界を印加する電極を備えると共に、光導波路層は電界印加時の光導波路層の光吸収係数が増加するような材料によって形成されていることがよく、さらに、電界の印加によって光入射端面部分の端面破壊パワーを制御できることが望ましい。

【0008】 また、本発明に係る光素子保護装置は、希土類遷移元素をドープした光ファイバからなり、光サージから保護しようとする光素子の前段に設置され、入射する光に対する吸収係数が α [dB/m] であるような光ファイバの長さを $10/\alpha \sim 3/\alpha$ [m] の範囲に設定したものである。そして、ドープされる希土類遷移元

$$R_{th0} = R_{thw} L$$

で表される値は、約 $20 \sim 70 \times 10^{-3}$ [mm² K/W] である。ここで、K は温度である。以下、 R_{th0} を規格化熱抵抗という。

【0013】 ところで、光が入出射する素子で、かつそ

素はエルビウムであることが好ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】

【第1の実施形態】 本実施形態の特徴は、過度の光入力に対して、光導波路の材料自体（特に、光入射端面部分の光導波層）が焼損することにより、光の透過を不能にするというものである。すなわち、電気回路でいう所のフューズに相当するものを形成することである。

【0010】 図1は本発明による光フューズの第1の実施形態を示す模式断面図であり、光の進行方向に垂直な方向の断面構造を示している。なお、本構造は通常のある1つの半導体レーザ素子の構造と同一である。第1導電型（n型）半導体基板であるところの n 型 InP 基板 100 上に、第1導電型のクラッド層の n-型 InP クラッド層 10、光導波路を構成する undoped-InGaAsP 光導波路層 20、第2導電型（p型）半導体からなる p-型 InP 上側クラッド層 30、オーミックコンタクト層を構成する p+InGaAs コンタクト層 40 が順次積層されている。また、p+InGaAs コンタクト層 40 の上には金属膜等からなる第1電極 50、n-型 InP クラッド層 10 の下側には第2電極 60 が設けられている。

【0011】 また、光の入出力する端面（以下、単に端面という場合もある）には、無反射膜 70 が形成されている。図1において、この無反射膜 70 は図示の都合上左下隅にのみ図示されているが、実際は端面の全面に形成されている。なお、この無反射膜については、無反射化技術として周知（例えば、光増幅器とその応用：平成4年5月30日オーム社発行、81頁～84頁参照）である。さらに、前述の undoped-InGaAsP 光導波路層（活性層ともいう）20によって構成されている光導波路は、図の水平方向に屈折率差ができるような構造（例えば、埋込み構造やリッジ構造等：いずれも半導体レーザ装置における既知構造）になっている。図1の実施形態では、ポリイミド層 80 で埋め込んでいる埋込み構造が採用されている。

【0012】 次に、動作について説明する。一般に、単位パワーに対する温度上昇の程度を表す値として熱抵抗が用いられているが、その値 R_{th} は、材料や構造（活性層幅、共振器の長さ、埋込み構造等）によって変わる。例えば InGaAsP 系の半導体レーザの場合には、 R_{th} は約 $40 \sim 80$ [K/W] であり、この R_{th} の値に一般的な素子長、活性層幅を乗じた値 R_{th0} 、すなわち、活性層幅を w 、共振器長を L として、

(5)

の光導波構造が吸収性である場合には、熱の発生は光が吸収される領域でのみ生ずる。ここで、熱の発生する領域（以下、実効吸収長という場合もある）を L_{abs} とすると、本実施形態の熱抵抗 R_{th} は、

$$R_{th} = R_{th0} / (w L_{abs})$$

として見積もられる。ここで、 L_{abs} は導波層の光吸収係数の値に強く依存しており、その光吸収係数 α は導波層に印加される電界強度によって変化するので、 L_{abs} は印加電圧と導波層厚及びその組成に依存する。

$$P_{out} = P_{in} \eta^2 e^{x p} (-\Gamma \alpha L)$$

で表され、これより導波構造内での光吸収は、

$$P_{out} / (P_{in} \eta^2) = e^{x p} (-\Gamma \alpha L)$$

また、一般に電界によって光吸収係数 α が増大する効果

$$E_R = e^{x p} \{ - (V/V_0)^n \}$$

で表される。(8)式と(9)式は等しいので、これより、印加電圧 V に対する光吸収係数 α が(10)式のよ

$$\alpha = (V/V_0)^n / (\Gamma L)$$

なお、上記の V_0 は導波構造の消光率が本実施形態の場合は $1/e$ の値になった時の印加電圧であり、装置のサイズ、構造によって決まるが、本発明の場合は V_0 が小さければ小さいほど好都合となる。

【0015】ここで、(8)式で導波構造内での光吸収率が50%及び90%になるときの光の伝搬長 L_{abs} と、その値を用いて求められる熱抵抗 R_{th} を図2に

$$\Delta T = R_{th} P_{in} \eta \Gamma \quad [K]$$

また、周囲温度を T_a [°C] とすると、結局、光入射端面近傍(端面から実効吸収長 L_{abs} 程度の距離の領域)

$$\begin{aligned} T &= \Delta T + T_a \\ &= R_{th} P_{in} \eta \Gamma + T_a \quad [°C] \end{aligned}$$

で表される。

【0016】この T の値が光導波層の融点 T_m と等しく

$$P_{in, cri} = (T_m - T_a) / (R_{th} P_{in} \eta \Gamma)$$

となる。以下、 $P_{in, cri}$ を端面破壊パワーと言う。 T_m = 約650 [°C] (図1中の光導波層のundoped-InGaAsP光導波路層20の場合)としたときの端面破壊パワー $P_{in, cri}$ の印加電圧依存性を、図2から見積もられる熱抵抗 R_{th} を用いて計算した結果を図3に示す。また、図においてプロットした点(黒丸)は実験値である。

【0017】図3より、定性的には、印加電圧が大きくなると端面破壊を引き起こす入射光パワー P_{in} が小さくなることがわかる。ただし、実験値が計算値よりも小さいのは、端面での界面レベルを介した吸収の増大や、非発光再結合による温度上昇などの効果によるものと考えられる。いずれにしても、端面破壊パワーが印加電圧によって制御可能であることが示されている。そして、端面破壊が生ずれば、もはや、光の導波機能は失われるので、光は次段の光素子にはほとんど入射されないことになり、光のフューズとして機能するようになる。

【0018】以上のように第1の実施形態によれば、半導体レーザ素子と同じ構造の素子の端面破壊パワーのレベルを印加電圧によって制御可能であることが分かり、これを利用することによって光フューズを構成することが可能である。そして、この光フューズを光伝送回路に

(6)

【0014】ここで、入射光のパワー P_{in} 、端面での光結合効率 η 、光閉じ込め係数 Γ 、素子長 L が与えられたときの出射光のパワー P_{out} は、

(7)

(8)

を利用した導波構造の消光比 E_R の経験式は、

(9)

うに求められる。

(10)

示した。なお、(9)式中の値 V_0 及び n は、図1に示した構造の消光特性から見積もった値を用いた。また、規格化熱抵抗 R_{th0} は、半導体レーザの場合のそれよりも大きいと考えられ、 100×10^{-3} [mm² K/W]を用いた。そして、温度上昇 ΔT は次の(11)式で示される。

(11)

における温度 T [°C] は、

(12)

なるときの入射光パワー P_{in} を、素子の端面が焼損して破壊に至るパワー $P_{in, cri}$ とすると、

(13)

挿入することによって、ワット級のピークパワーを持つ光サージから次段の光素子を保護することができる。

【0019】[第2の実施形態] 本発明の第2の実施形態の特徴は、吸収性の光導波構造によって構成され、かつその光導波構造内での光吸収によって生ずるフォトリニアの発光再結合時間がEDFAの利得回復時間にほぼ等しいような性質を併せもっている光導波構造体を用いて形成した光素子保護回路である、ことにある。以下、その構成及び動作を詳細に説明する。

【0020】本発明の第2の実施形態による光素子保護装置の構造体は所定の長さからなるエルビウム・ドーブト・ファイバ(以下、EDFという)である。すなわち、コアとクラッドとを有するファイバ型の光導波路構造であり、かつコアには希土類元素のEr(エルビウム)イオンがドーブされたものである。従って、本実施形態による装置として特に図面による説明は省略した。

【0021】次に、動作について説明する。上述のEDFの光導波路構造に、EDFの吸収波長域でありかつ光通信に用いられる波長が1.55 μ m付近の光が入射する場合について説明する。上述の構造になるEDFにおいて、光の閉じ込めを含む吸収係数を α [dB · m⁻¹]、長さを L [m]とした場合、光の減衰率 η

abs [dB] は、

$$\eta_{abs} = \alpha L$$

で表される。この減衰率は E D F の吸収係数の入射光波長に強く依存しているが、波長 1.55 μm 付近では、およそ 5 [dB $\cdot\text{m}^{-1}$] である。本実施例の E D F では、L を 2 [m] とし、減衰率 $\eta_{abs} = 10$ [dB] (吸収率としては、90%) を得ている。従って、光が E D F へ入射し始めてから数 msec の間、すなわち過渡状態においては、励起レベルは十分に占有されていないから、(14) 式に従って、E D F 内で光は吸収され、その後段に接続される光部品には光はほとんど到達しないようになる。これに対して、定常状態においては、光吸収で生成されるフォトキャリアが発光再結合する時間よりも十分に短い時間間隔で次々と光が入射してくるので、励起レベルは常に占有されていると考えられ

$$L_{eff} = 10 / \alpha \sim 3 / \alpha \quad [\text{m}]$$

を満足するようなファイバの長さ L_{eff} を設定すれば、上述のような光素子保護装置としての機能を十分に達成できる。

【0023】 以上のように第 2 の実施形態によれば、本実施形態による光素子保護装置は、E D F を使用するものであるが、光ファイバ型であるからコネクタ部分での光の結合損失を極めて小さく構成できる。また、用いる材料、すなわち光ファイバは石英系のものであるため、第 1 の実施形態の光ヒューズの材料の半導体に比べ融点が非常に高いので、光サージが入射した場合でも、熔融することがないから、装置自体が破壊してしまっても使用不能になる等のことがない利点がある。

【0024】 まず、上述の第 1 の実施形態で示した光ヒューズの構造及びその寸法は、本発明を説明するために例として用いたものであり、その形状及び寸法値に限定されるものではない。また同時に、基板結晶の面方位あるいはストライプの形成方向及びそれぞれの領域の光導波層（活性層や吸収層などのこと）の形成及び成長方法には限定されない。また、その光導波層の構造は、多重量子井戸構造であってもよい。さらに、レーザ領域のストライプの脇の埋め込み層には、実施形態に示したポリイミドの代わりに F e - I n P 等の半絶縁性の I n P を用いることもできる。また、製造工程において使用するマスクや形成される前述の無反射膜の材料等は、上述の材料に限定されず、例えば、S i O x、S i N 等の誘電体と組合わせて用いることもできる。

【0025】 また、本発明の第 2 の実施形態では、信号光波長 1.55 μm 帯を念頭において記述したが、信号光の波長が 1.3 μm 帯である場合には、N d (ネオジム) イオン等の適切な希土類遷移元素をドープした光ファイバを使用することができる。さらに、用いるファイバの光吸収係数がわかれば、それに応じたファイバ長を設定すればよいので、ファイバの詳細な寸法まで限定するものではない。

(14)

る。従って、E D F 内で光はほとんど吸収されずに、その後接続される光部品に正常に光信号が伝達される。

【0022】 上述のように、用いるファイバの光吸収係数が判れば、減衰率 η_{abs} に応じたファイバ長を設定すればよいことが分かる。また、光は 2 [m] で 10 [dB]、4 [m] で 20 [dB] の消光が得られるので、例えば、ファイバ長を 10 [m] 以上に設定しても意味がなく、逆にファイバ長の後部に到達する光が小さくなるので、定常状態においても励起レベルは十分に占有されずに、光の透過が不能になるので望ましくない。従って、実用的な光ファイバの長さ L_{eff} は、光吸収が 50 ~ 90 [%] になる長さとして十分と考えられる。よって、

(15)

【0026】

【発明の効果】 以上のように本発明による光フューズによれば、光導波構造を有する半導体素子の光導波路に過度の大きさの光が入力すると、前記光導波路を構成する材料が焼損し、前記光導波路の光透過を阻止するようになっているから、半導体レーザ素子と同じ構造の素子の端面破壊パワーのレベルを印加電圧によって制御することが可能であり、これを利用することによって光フューズを構成できる。そして、この光フューズを光伝送回路に挿入することによって、ワット級のピークパワーを持つ光サージから次段の光素子を保護することができる効果がある。

【0027】 また、本発明による光素子保護装置によれば、希土類遷移元素をドープした光ファイバを光サージから保護しようとする光素子の前段に設置し、入射する光に対する吸収係数が α であるような光ファイバの長さを $10 / \alpha \sim 3 / \alpha$ [m] の範囲に設定したものであるから、光ファイバ型のためコネクタ部分での光の結合損失を極めて小さく構成できる。また、用いる材料は石英系のものであるため、融点が非常に高いので、光サージが入射した場合でも、熔融することがなく、装置自体が破壊してしまっても使用不能になる等のことがない利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による光フューズの第 1 の実施形態を示す模式断面図である。

【図 2】 本発明の光フューズの光の伝搬長 L_{abs} 及び熱抵抗 R_{th} と印加電圧との関係を示す線図である。

【図 3】 図 2 から見積もられる熱抵抗 R_{th} を用いて計算した結果から印加電圧と端面の破壊パワーとの関係を示す線図である。

【符号の説明】

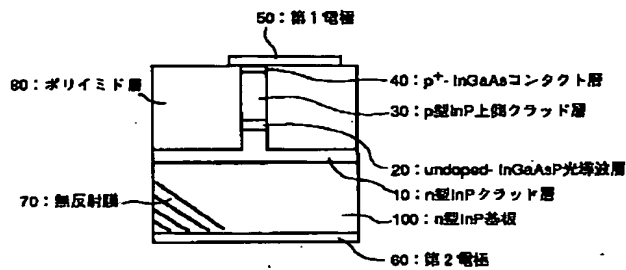
10 n-型 I n P クラッド層

20 undoped-I n G a A s P 光導波路層

30 p-型InP上側クラッド層
 40 p⁺InGaAsコンタクト層
 50 第1電極
 60 第2電極

70 無反射膜
 80 ポリイミド層
 100 n型InP基板

【図1】



本発明による光フューズの第1の実施形態を示す断面図

【図3】

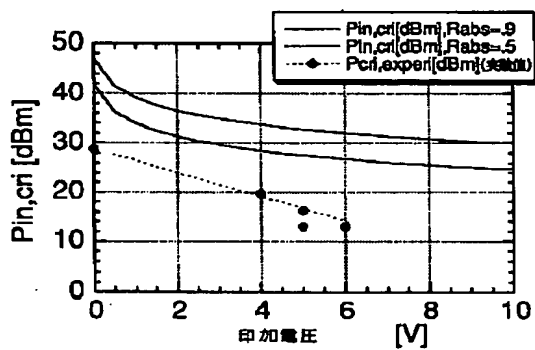
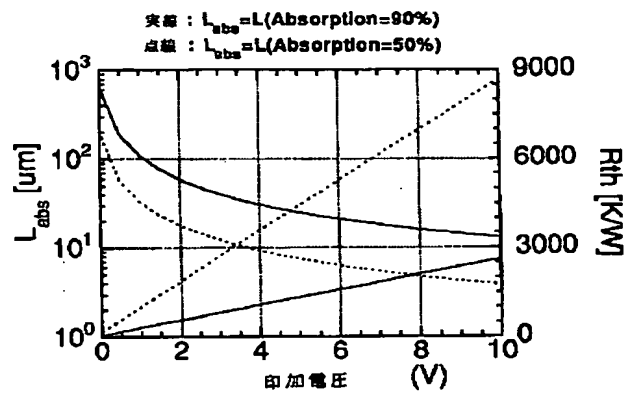


図2から見られる印加電圧と端面破壊パワーとの関係図

【図2】



本発明の光フューズの光の伝搬長・熱抵抗と印加電圧の関係図